

江河源区不同建植年限人工草地土壤微生物及酶活性研究*

齐文娟¹, 龙瑞军^{2,3,*}, 冯瑞章², 徐松鹤¹, 周万海¹

(1 甘肃农业大学 草业学院, 甘肃 兰州 730070;

2 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810008; 3 兰州大学 草地农业科技学院, 兰州 730020)

摘要: 对江河源区不同建植年限人工草地(2龄、4龄、6龄)土壤养分、微生物数量及酶活性进行研究。结果表明: 不同建植年限人工草地土壤养分随着建植年限的增加呈“V”型规律变化, 其中人工2龄草地土壤养分含量最高, 6龄草地土壤养分含量虽不及2龄草地高, 但均明显高于4龄草地。土壤细菌和放线菌数量与土壤养分变化规律一致, 真菌数量随建植年限的增加呈降低趋势, 土壤脲酶、过氧化氢酶和中性磷酸酶活性与细菌、放线菌和土壤养分变化规律相同。同时, 土壤养分、微生物数量和酶活性变化均具有明显的空间层次现象, 即随土层的加深呈降低的趋势。经典型相关分析表明, 土壤细菌与土壤有机质、全氮、速效钾和pH值之间相关性最好, 脲酶和过氧化氢酶活性与土壤有机质、全氮、速效氮、速效钾和pH值之间相关性最好, 故土壤微生物数量和酶活性可作为评价土壤肥力的指标。

关键词: 人工草地; 微生物; 酶活性; 土壤养分

中图分类号: S154.2; S154.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-2242(2007)04-0145-05

Studies of Soil Microorganisms and Enzyme Activities on Artificial Grassland with Different Cultivation Years in Headwater Area of Yangtze and Yellow Rivers

Q I Wen-juan¹, LONG Rui-jun^{2,3,*}, FENG Rui-zhang², XU Song-he¹, ZHOU Wan-hai¹

(1 Faculty of Grassland Science, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070;

2 Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining, Qinghai 810008;

3 College of Pastoral Agricultural Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou 730020)

Abstract: The soil nutrients, microorganism quantity and enzyme activity are studied and analyzed in artificial grassland with different cultivation years in the headwater area of Yangtze and yellow rivers. The results are as follows: soil nutrients of artificial grassland decreased and then increased regularly with change of the cultivation years. The soil nutrient content of two aged artificial grassland was highest, and the six aged grassland lower than two aged, and both of them were significantly higher than the four aged. The changes of soil bacterium and actinomycetes were consistent with the soil nutrients. Similarly, the soil urease, catalase and neutral phosphatase activities have equal regularities. The quantities of fungi descended with the increase of cultivation years. Meanwhile, the soil nutrients, microbial quantities and enzyme activities decreased with the increase of soil depth. The canonical correlation analysis showed that soil bacterium had the best correlation with soil organic matter, total nitrogen, effective K and pH value; soil urease and catalase activities had the best correlation with soil organic matter, total nitrogen, effective nitrogen, effective K and pH value. So the soil microorganism and enzymes can be used as evaluation index of soil fertility.

Key words: artificial grassland; microorganism; enzyme activities; soil nutrients

江河源区地处青藏高原腹地, 是青藏高原的重要组成部分, 是我国重要的水源涵养区, 同时又是生态系统最脆弱的地区, 其独特的生态战略地位对中华民族的生存和发展有着深远的影响。近几十年来, 由于气候干暖化和人类活动加剧, 该地区草地退化严重, 尤其是“黑土型”退化草地迅速扩张^[1], 对以传统放牧为主的高原畜牧业的发展已形成十分明显的抑制作用。因此, 恢复和治理退化草地生态系统, 发展高效优质人工草地势在必行。

土壤养分、微生物和酶是草地生态系统的重要组成部分。土壤养分含量直接影响植物的生长, 土壤微生物

* 收稿日期: 2007-03-29 * 通讯作者 E-mail: bngrj@lzu.edu.cn

基金项目: 国家发改委三江源地方攻关计划“恢复技术集成与持续利用”(063307D02); 欧盟项目(NCO-CT-2006-03250)

作者简介: 齐文娟, 女, 生于1981年, 硕士研究生。主要从事农业资源环境与土壤微生物生态方面的研究。

通过分解动植物残体而参与草地生态系统的能量流动和物质循环,影响植物的生长发育,是土壤肥力的重要指标之一,而土壤酶参与土壤的许多重要生物化学过程和物质循环,可以客观地反映土壤肥力状况^[2]。所以,研究人工草地土壤养分、微生物和酶活性对于改良土壤、防止地力衰退和改善生态环境具有重大意义。本文在借鉴和运用前人研究成果的基础上,探讨了建植于“黑土滩”上的不同年限人工草地土壤养分、微生物与酶活性特征及其相互关系,从而为指导保护和养护高寒地区人工草地、改善土壤状况、保持土壤稳定性提供微生物和酶方面的理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验地自然状况

供试土壤样品采自青海省果洛州大武镇2 km 处的草地,位于北纬34°17′~34°25′、东经100°26′~100°43′,平均海拔3 760 m 左右,属高原寒冷气候类型,年均温- 3.9℃, 5 月积温为850.3℃,最冷月1月的平均气温为- 12.6℃,最热月7月的平均气温为9.7℃,牧草生长季为156 d,无绝对无霜期,年平均降水量为513.12 mm,年蒸发量2 471.6 mm。土壤为退化高山草甸土。试验以1999年、2001年和2003年建植于黑土滩上的多年生垂穗披碱草 (*Elymus nutans*) 单播草地为研究对象。样地基本情况见表1。

表1 不同种植年限人工草地基本特征

样地	草丛高度 (cm)	物种 多度	植被盖度 (%)	地上生物量 (g/m ²)	地下生物量 (g/m ²)	物种组成
人工2龄草地	85~ 87	4	95~ 97	748~ 960	56~ 60	以披碱草为主,仅有2~ 3种杂草
人工4龄草地	56~ 60	5	93~ 96	812~ 996	25~ 36	以披碱草为主,伴有少量早熟禾,2~ 3种杂草
人工6龄草地	36~ 49	6	90~ 95	301~ 341	28~ 45	以披碱草为主,伴有少量早熟禾和中华羊茅,2~ 3种杂草

1.2 土样的采集

于2005年8月26日,在人工2龄、4龄、6龄草地按X型设置5个采样点挖土壤剖面,每个剖面分0~ 10cm, 10~ 20cm, 20~ 30cm 不同的深度采集土样,土样混合后迅速带回实验室,一份鲜样去杂后贮藏于4℃的冰箱内,供微生物数量的测定;另一份风干、去杂、过筛后供土壤养分和土壤酶活性的测定。

1.3 土壤样品的分析

土壤有机质、全N、全P、碱解氮和速效钾的测定,按南京农业大学主编的《土壤农化分析》^[3]进行,用pH计测土壤pH值,用称重法测土壤含水量;土壤微生物数量测定采用稀释平板法,细菌用牛肉膏蛋白胨培养基,放线菌用高氏1号培养基,真菌用马丁氏孟加拉红培养基^[4];中性磷酸酶采用赵兰坡、姜岩等改进后的Hoffman法测定^[5],过氧化氢酶采用高锰酸钾滴定法,脲酶采用奈氏比色法^[6]。

1.4 数据分析

用Excel 2003和SA S8.1软件进行数据的统计分析。

表2 不同建植年限人工草地土壤养分含量

样地编号	有机质(%) x_1	全氮(%) x_2	全磷(%) x_3	速效氮(mg/kg) x_4	速效钾(mg/kg) x_5	含水量(%) x_6	pH x_7	
I	a	4.29 ± 0.05A	0.49 ± 0.041A	0.22 ± 0.018A	30.89 ± 1.03A	178.4 ± 2.94A	36.63 ± 0.021A	7.78 ± 0.08B
	b	3.68 ± 0.02A	0.44 ± 0.026A	0.20 ± 0.004A	26.16 ± 0.70A	143.2 ± 0.04A	35.11 ± 0.004A	8.12 ± 0.01B
	c	2.80 ± 0.05A	0.37 ± 0.004A	0.17 ± 0.012A	31.28 ± 0.39A	135.3 ± 5.76A	29.95 ± 0.002A	8.28 ± 0.03B
II	a	2.29 ± 0.07D	0.23 ± 0.025D	0.14 ± 0.005C	18.29 ± 1.15D	91.1 ± 2.91C	27.18 ± 0.005C	7.05 ± 0.04C
	b	1.94 ± 0.05D	0.21 ± 0.042D	0.13 ± 0.004C	16.45 ± 0.12C	62.4 ± 2.91C	26.18 ± 0.008C	7.33 ± 0.02C
	c	1.60 ± 0.02D	0.16 ± 0.036D	0.14 ± 0.004B	12.07 ± 0.42C	60.3 ± 0.05D	28.47 ± 0.001B	8.15 ± 0.05B
III	a	3.12 ± 0.02B	0.33 ± 0.036C	0.16 ± 0.003B	20.72 ± 0.47B	129.9 ± 0.13B	31.83 ± 0.001B	8.33 ± 0.11A
	b	2.23 ± 0.04C	0.24 ± 0.022C	0.15 ± 0.008B	16.39 ± 0.32C	87.3 ± 2.94B	30.94 ± 0.002B	8.41 ± 0.03A
	c	1.91 ± 0.06C	0.20 ± 0.024C	0.14 ± 0.006B	14.38 ± 0.62C	79.1 ± 2.95B	30.01 ± 0.002A	8.52 ± 0.07A

注:表中I是种植2年人工草地,II是种植4年人工草地,III是种植6年人工草地;a: 0~ 10 cm 土层,b: 10~ 20 cm 土层,c: 20~ 30 cm 土层;不同大写字母表示差异在 $p = 0.01$ 水平上达到显著。下表同。

2 结果与分析

2.1 不同建植年限人工草地土壤养分变化

建植于“黑土滩”退化草地上的人工草地的土壤养分随建植年限的不同而变化(表2)。随建植年限增加,垂穗披碱草 (*Elymus nutans*) 人工草地土壤有机质呈现“V”字型趋势变化。由表2可知,2龄草地不同土层(0~ 10, 10~ 20, 20~ 30 cm)土壤有机质含量分别为4.29%, 3.68%和2.80%,4龄草地3个土层的土壤有机质分别为2.29%, 1.94%和1.60%,分别较人工2龄草地各土层相应减少87.3%, 89.7%和75.0%;随着建植年限的继续

增加, 6龄草地各土层土壤有机质含量虽不及2龄草地高, 但均显著高于4龄草地 ($p < 0.01$)。随着建植年限的增加, 土壤全氮、全磷、速效氮和速效钾表现出与土壤有机质相同的变化趋势, 表明建植年限对垂穗披肩草 (*Elymus nutans*) 人工草地土壤养分含量影响较大。4龄草地各项土壤养分指标均较低, 可见在试验地现有管理水平下, 种植第4年的垂穗披肩草 (*Elymus nutans*) 人工草地土壤养分归还能力已减弱, 应及时更新。随着建植年限增长, 各草地表层土壤(0~ 10 cm) pH 的大小顺序为6龄草地> 2龄草地> 4龄草地。由表2可知, 3种草地均表现0~ 10 cm 的营养物质含量最高, 20~ 30 cm 的含量最低, 这表明3种草地0~ 30 cm 的营养物质含量随土层的加深呈降低的趋势。

2.2 不同建植年限人工草地土壤微生物数量变化

土壤微生物是土壤有机无机复合体的重要组成部分, 其数量直接影响土壤的生物化学活性及土壤养分的组成与转化, 是土壤肥力的重要指标之一^[7]。由表3可知, 不同建植年限人工草地的土壤各类群微生物数量和总微生物数量均存在很大差异。在供试的3种不同建植年限的草地中, 2龄草地的单位质量土壤细菌数量最多, 其次为6龄草地, 4龄草地的土壤细菌数量最少, 其表土层(0~ 10 cm) 细菌个数分别是2龄草地和6龄草地表土层细菌个数的42.2% 和73.4%。与细菌和土壤养分的变化趋势相似, 随着建植年限的增加, 放线菌数量变化也呈“V”字型, 但3个草地相应各土层之间差异不显著。真菌数量随着建植期的增加而下降, 即单位质量土壤真菌数量大小顺序为: 2龄草地> 4龄草地> 6龄草地(表3)。

表3 不同建植年限人工草地土壤微生物数量和酶活性(Mean ± SE)

样地编号	细菌	真菌	放线菌	脲酶	过氧化氢酶	中性磷酸酶	
	(10 ⁶ 个/g 干土)	(10 ³ 个/g 干土)	(10 ⁴ 个/g 干土)	(NH ₃ -N, mg/kg)	(0.1N KMnO ₄ , ml/g)	(酚, mg/kg)	
	Z1	Z2	Z3	Y1	Y2	Y3	
I	a	9.87 ± 0.20A	3.03 ± 1.37A	6.63 ± 3.83A	1.03 ± 0.025A	5.89 ± 0.03A	146.8 ± 2.43A
	b	4.09 ± 2.43A	2.34 ± 0.55A	5.92 ± 1.89A	1.02 ± 0.031A	5.79 ± 0.03A	77.4 ± 5.67A
	c	1.43 ± 0.41A	0.49 ± 0.41A	1.88 ± 0.97A	1.07 ± 0.087A	4.81 ± 0.14A	26.0 ± 1.43A
II	a	4.16 ± 2.41B	1.56 ± 0.91A	5.02 ± 1.31A	0.53 ± 0.029B	3.94 ± 0.03C	20.1 ± 2.53B
	b	1.61 ± 0.32A	0.57 ± 0.34B	4.87 ± 1.68A	0.39 ± 0.011B	3.12 ± 0.02C	21.2 ± 2.82B
	c	1.14 ± 0.71A	0.25 ± 0.13A	2.37 ± 0.95A	0.33 ± 0.029C	2.35 ± 0.05A	16.3 ± 3.77B
III	a	5.67 ± 1.97AB	1.21 ± 0.70A	6.86 ± 1.85A	1.02 ± 0.168A	5.74 ± 0.04B	135.6 ± 11.35A
	b	1.72 ± 0.99A	0.84 ± 0.65A	5.54 ± 1.83A	0.89 ± 0.087A	4.63 ± 0.23B	64.7 ± 8.66A
	c	0.43 ± 0.20A	0.52 ± 0.33A	0.84 ± 0.49A	0.89 ± 0.004B	4.77 ± 1.19A	20.5 ± 2.84AB

从组成上来看, 细菌、真菌、放线菌在总微生物数量中所占比例不同, 其中细菌数量最多, 约占微生物总数的98.22% ~ 99.3%, 放线菌次之, 占0.93% ~ 1.74%, 真菌最少, 占0.32% ~ 0.038%。同一草地不同空间层次土壤3大类微生物数量变化较大, 0~ 10 cm 土层的各类微生物数量最大, 20~ 30 cm 土层的数量最小。一般0~ 10 cm 的数量为10~ 20 cm 的2~ 4倍, 是20~ 30 cm 的2~ 7倍, 这表明3种草地土壤微生物数量随土层的加深呈降低的趋势。

2.3 不同建植年限人工草地土壤酶活性变化

土壤酶参与有机物质的分解和腐殖质的形成, 它对土壤形成、土壤肥力状况起着重要作用^[8], 从表3可以看出, 3种草地土壤脲酶、过氧化氢酶和中性磷酸酶活性存在差异, 但随着建植年限的增加, 3种土壤酶活性均呈现2龄草地> 6龄草地> 4龄草地, 这与土壤养分含量和细菌、放线菌数量变化规律相一致。从表3还可以看出, 不同建植年限人工草地土壤酶活性随着土层的加深, 其活性呈下降的趋势。

2.4 土壤微生物、土壤酶与养分的相关关系

土壤的养分含量和土壤微生物及土壤酶活性之间有密切的关系^[9]。对本研究3种草地土壤养分和微生物数量及土壤酶活性进行相关性分析(表4)表明, 细菌数量与土壤有机质、全氮、全磷、速效氮和含水量呈极显著的正相关关系($p < 0.01$), 与速效钾和pH 呈正相关关系, 但不显著; 真菌数量与土壤有机质、全氮、全磷、速效氮

表4 土壤微生物数量、酶活性与土壤化学性质的相关关系

项目	细菌	真菌	放线菌	脲酶	过氧化氢酶	中性磷酸酶
有机质	0.81**	0.80**	0.46*	0.57**	0.75**	0.41*
全氮	0.75**	0.77**	0.40*	0.70**	0.86**	0.22
全磷	0.62**	0.70**	0.28	0.69**	0.72**	0.15
速效氮	0.58**	0.48**	0.12	0.66**	0.74**	0.25
速效钾	0.15	- 0.15	0.31	0.22	0.21	- 0.33
含水量	0.61**	0.58**	0.22	0.67**	0.63**	0.13
pH	0.03	0.09	- 0.22	0.31	- 0.2	- 0.26

注: * $p < 0.05$ 显著相关; ** $p < 0.01$ 极显著相关。

和含水量呈极显著的正相关关系 ($p < 0.01$), 与速效钾呈负相关关系, 与pH 呈正相关关系, 但均不显著; 放线菌数量与有机质和全氮呈显著的正相关关系 ($p < 0.05$), 与其它土壤养分和含水量呈正相关关系, 与pH 呈负

相关关系,但均不显著。

土壤脲酶、过氧化氢酶与有机质、全氮、全磷、速效氮和含水量间呈极显著正相关关系 ($p < 0.01$),与速效钾呈正相关关系,pH与脲酶呈正相关关系,与过氧化氢酶呈负相关关系,但均不显著;中性磷酸酶与有机质呈显著的正相关关系 ($p < 0.05$),与速效钾和pH呈负相关关系,与其它养分呈正相关关系,但均不显著。

2.5 土壤微生物、土壤酶与土壤养分的典型相关关系

典型相关关系方法是研究两组指标(变量)间的一种多变量统计分析方法,其目的是寻找一组指标的线性组合与另一组指标的线性组合,使两组之间的相关达到最大(即两组典型变量的相关达到最大值)。为了进一步探讨土壤养分与微生物数量和酶活性的关系,我们将土壤养分与微生物数量和酶活性作了典型相关分析。

2.5.1 土壤微生物与土壤养分的典型相关关系 经典型相关分析得到第一对典型变量的典型相关系数为0.9118,统计检验达到极显著水平($p = 0.0001$),第二对典型变量的相关系数为0.6963($p = 0.0834$),第三对典型变量的相关系数为0.4896($p = 0.3451$)。因此,取第一对典型变量来分析土壤养分和土壤微生物数量之间的相互关系。第一对典型变量的方程为 $U_1 = 0.5422x_1 + 0.7074x_2 - 0.0394x_3 - 0.1988x_4 + 0.4798x_5 - 0.1026x_6 - 0.3236x_7$, $W_1 = 0.8147y_1 + 0.2599y_2 + 0.1006y_3$ 。从第一对典型变量的系数可以看出,在第一土壤养分综合因子中起主要作用的是 x_1, x_2, x_5 ,和 x_7 因素,即有机质、全氮、速效钾和pH;而第一土壤微生物综合因子中起主要作用的是 y_1 ,即细菌。也就是说,细菌与土壤养分中有机质、全氮、速效氮和pH的关系最大,它们的相关性最好。

2.5.2 土壤酶与土壤营养因子的典型相关关系 经典型相关分析得到第一对典型变量的典型相关系数为0.9139,统计检验达到极显著水平($p = 0.0001$),第二对典型变量的相关系数为0.702($p = 0.1189$),第三对典型变量的相关系数为0.4201($p = 0.5521$)。因此,取第一对典型变量来分析土壤化学性质和土壤酶活性之间的相互关系。第一对典型变量的方程为 $U_1 = -0.315x_1 - 0.6756x_2 - 0.0396x_3 + 0.2804x_4 - 0.3797x_5 - 0.0636x_6 + 0.8161x_7$, $V_1 = 0.3448z_1 - 1.0953z_2 - 0.2798z_3$ 。从第一对典型变量的系数可以看出,在第一土壤养分综合因子中起主要作用的是 x_1, x_2, x_4, x_5 和 x_7 因素,即有机质、全氮、速效氮、速效钾和pH;而第一土壤酶活性综合因子中起主要作用的是 z_1 和 z_2 ,即脲酶和过氧化氢酶。也就是说,在分析的这几种酶中,脲酶、过氧化氢酶与土壤养分中有机质、总氮、速效氮、速效钾和pH的关系最大,它们的相关性最好。

3 讨 论

建植人工草地可有效遏止土壤侵蚀,减少土壤养分的损失,提高土壤肥力,使土壤肥力得到有效维护,且人工草地种植2~3年后,单位面积农田增加的有机物质相当于施用20~30 t/hm²厩肥^[10]。有研究表明土壤退化与草地退化关系十分密切,均受到自然因素与生产活动的影响,但土壤退化比草地上植被的退化缓慢,土壤具有较强的抗拒退化的能力,即使重度退化的草地,土壤肥力仍然维持在一定的水平上,只要采取适宜的改良草地措施,它仍可恢复退化前的生产能力^[11]。

对建植于“黑土滩”退化草地不同年限人工草地土壤养分的吸收及转化,本研究表明建植第2年草地土壤养分各项指标最高,6龄草地次之,4龄草地最低。这可能是由于建植初期水肥供应充足,牧草生长旺盛,相对生物量大,有机质积累多,故2龄草地的土壤养分含量较高;而4龄草地土壤养分不高的原因在于随着建植年限的延长,牧草生长衰退,且重用轻养,施入的肥料不足以弥补作物生长消耗量,有机质积累减少,韩永伟等在研究不同利用年限老芒麦(*Elymus sibiricus*)人工草地土壤化学性质时也得出相似的结果^[12];为了适应高寒环境,高海拔地区人工草地群落拥有较大的地下生物量,并且随建植年限增长,地下生物量增加,虽然地上枯枝落叶部分对土壤有机质的积累非常重要,但通过地下部分大量根系转化的有机质对土壤肥力的积累也很重要^[13],人工6龄草地土壤养分的再次升高可能与其较高的地下生物量有关。说明在“黑土滩”退化草地上建植人工草地来改善土壤状况、保持土壤稳定性是可行的。

对建植于“黑土滩”退化草地上不同年限人工草地土壤微生物数量变化,本研究表明,单位质量土壤细菌、放线菌数量在2龄草地最多,其次为6龄草地,4龄草地最少,这是因为土壤微生物的主要营养来源是植物残体,其数量很大程度上与土壤有机质含量成正相关^[8],各草地细菌和放线菌的分布规律很大程度上是其对应草地土壤养分作用的结果。刘世贵等(1994)对川西北退化草地土壤微生物数量与区系研究发现,退化程度严重的草地其主要真菌数量高于退化程度低的草地^[14],本研究中随着建植年限的增加,真菌数量降低,说明在“黑土滩”退化草地上建植人工草地对于恢复土壤生物活性有一定作用。

土壤酶是土壤中具有生物活性的蛋白质,它与微生物一起推动着土壤的生物化学过程,同时在物质转化过程中起重要的作用,并对土壤肥力的演化具有重要影响。其中过氧化氢酶是土壤合成腐殖质和防止过氧化氢对生物毒害的重要氧化还原酶系,其活性与土壤的微生物数量和活性有关,也与植物根系有关^[15];脲酶能促进有机质中肽键的水解,可以表示土壤的氮素供应状况^[9];而磷酸酶是一种能促进磷酸酯水解,释放出正磷酸的酶,它提供了植物生长所需的速效磷^[8],磷酸酶的高低很大程度上反映土壤的磷素水平。本研究的3种草地土壤脲酶、过氧化氢酶和中性磷酸酶活性均呈现2龄草地>6龄草地>4龄草地,这与土壤养分含量和细菌、放线菌数量变化规律相一致。

大量研究表明土壤细菌数量与有机质、速效氮关系密切^[9,15],真菌数量与土壤中的有机质、全磷、速效氮关系密切,放线菌数量与土壤中的有机质关系密切^[15],土壤脲酶和过氧化氢酶与有机质、全氮、全磷、速效氮关系密切^[7],磷酸酶与有机质相关性最好^[9]。相关分析和典型相关分析表明,不同建植年限人工草地土壤微生物数量、酶活性与土壤养分间存在密切关系。细菌和真菌数量、脲酶和过氧化氢酶活性均与土壤有机质、全氮、全磷、速效氮、含水量之间呈极显著的相关关系,放线菌与有机质和全氮呈显著的相关关系,中性磷酸酶与有机质呈显著的相关关系。其中,有机质与微生物数量、酶活性的相关性最为显著,说明土壤有机质不但是养分的储藏所和重要来源,同时也是土壤中某些酶活性的重要来源和储藏基地。细菌数量、脲酶和过氧化氢酶活性与土壤养分的相关性最大,因为细菌是微生物总量的主要组成者,有研究证明养分对土壤微生物数量有一定影响^[9];脲酶能促进有机质中肽键的水解,同时释放氨和CO₂,早期的研究表明,脲酶与土壤养分含量之间存在密切的关系^[7],本研究也证实了这一点;过氧化氢酶强度可表征土壤腐殖化的强度和有机质积累的程度^[15]。因此,不同建植年限人工草地土壤微生物数量和酶活性与土壤养分含量之间存在密切的相关关系,土壤微生物数量和酶活性高低可作为评价土壤肥力的指标。

参考文献:

- [1] 马玉寿,郎百宁,王启基.“黑土型”退化草地研究工作的回顾与展望[J].草业科学,1999,16(2):5-9
- [2] 杨鹏,薛立,陈红跃,等.不同混交林地土壤养分、微生物和酶活性的研究[J].湖南林业科技,2004,31(4):43-45.
- [3] 南京农业大学.土壤农化分析[M].北京:农业出版社,1998
- [4] 中国科学院南京土壤研究所微生物室.土壤微生物研究法[M].北京:科学出版社,1985.
- [5] 赵兰坡,姜岩.土壤磷酸酶测定方法探讨[J].土壤通报,1986,17(3):138-141.
- [6] 关松荫.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986.
- [7] 薛立,陈红跃,邝立刚.湿地松混交林地土壤养分、微生物和酶活性的研究[J].应用生态学报,2003,14(1):157-159.
- [8] 焦如珍,杨承栋,屠星南,等.杉木人工林不同发育阶段林下植被、土壤微生物、酶活性及养分的变化[J].林业科学研究,1997,10(4):373-379.
- [9] 许景伟,等.不同类型黑松混交林土壤微生物、酶及其与土壤养分关系研究[J].北京林业大学学报,2000,22(1):51-55.
- [10] 董世魁,胡自治,龙瑞军,等.高寒地区混播多年生禾草对草地植被状况和土壤肥力的影响及其经济价值分析[J].水土保持学报,2002,16(3):98-101.
- [11] 李绍良,陈有君,关世英,康师安.土壤退化与草地退化关系的研究[J].干旱区资源与环境,2002,16(1):92-95.
- [12] 韩永伟,韩建国,等.利用年限对农牧交错带退耕还草地土壤化学性质的影响[J].草业科学,2005,22(3):50-53.
- [13] Haynes R J, Williams P H. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem [J]. Adv. Agron., 1993, 49: 119-123.
- [14] 刘世贵,龙章富.川西北退化草地土壤微生物数量与区系研究[J].草业学报,1994,3(4):70-75.
- [15] 杨涛,徐慧,李慧,等.樟子松人工林土壤养分、微生物及酶活性的研究[J].水土保持学报,2005,19(3):50-53.

上接第125页

- [13] Robertson G P, et al. Nitrification potentials in primary and secondary succession [J]. Ecology, 1981, 62: 376-386.
- [14] Singh J S, Gupta S R. Plant decomposition and soil respiration in terrestrial ecosystem s [J]. The Botanical Review, 1977, 43: 449-528.
- [15] 王淑平,周广胜,吕育财,等.中国东北样带(NECT)土壤碳、氮、磷的梯度分布及其与气候因子的关系[J].植物生态学报,2002,26(5):513-517.
- [16] Powelson D S. Why evaluate soil organic matter models? [A]. Powelson D S, Smith P, Smith J U, eds. Evaluation of Soil Organic Matter Models [M]. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1996. 3-11.
- [17] Buyanovsky G A, Wagner G H. Carbon cycling in cultivated land and its global significance [J]. Global Change Biology, 1998, 4: 131-141.